DOI: 10.22184/1992-4178.2020.198.7.180.184

Технология латентного тестирования – практическое применение

Р. Латыпов[1], А. Солдатов, А. Шашмурина[2], Е. Слепухов[3], В. Кусков[4]

УДК 621.3.049.75:658.562.4:53.083.62 | ВАК 05.11.08

Качество печатных плат является одним из важных факторов, определяющих надежность работы приборов на их основе. В ГОСТ Р 56251-2014. Платы печатные. Классификация дефектов [1] определены практически все виды дефектов, позволяющие оценить качество печатных плат. В соответствии с данным ГОСТом все дефекты делятся на визуально наблюдаемые и визуально ненаблюдаемые. Как правило, ненаблюдаемые дефекты обнаруживаются в многослойных платах – самых дорогих по стоимости изготовления.

В данной статье мы рассмотрим дефекты многослойных плат, которые трудно или невозможно определить электроконтролем, то есть резистивными (или емкостными) методами.

Визуально наблюдаемые дефекты достаточно просто определяются всеми видами оптического контроля, включая автоматическую оптическую инспекцию (АОИ). Для визуально ненаблюдаемых дефектов приходится применять дополнительные методы контроля – микрошлифы, рентгеновский и электрический контроль [2].

Обычно установки электроконтроля проверяют целостность цепей (ее нарушение возможно в случае перетрава проводников) и наличие непредусмотренных замыканий цепей, сообщение-разобщение цепей либо снижение электрической прочности их изоляции (в случае недотрава медной фольги). Исходные параметры – сопротивление проводников и прочность изоляции – задаются конструкторской документацией, в том числе техническими условиями. Однако при электрическом контроле по этим параметрам могут не обнаруживаться различные трещины в фольге или частичные непокрытия в слое металлизации, описанные в п. 6 ГОСТ Р 56251-2014.

Любая трещина, утонение проводящего рисунка стимулируют увеличение сопротивления. Казалось бы, применяя прецизионный метод Кельвина (четырехпроводные измерения), можно обнаружить незначительные скачки сопротивления. Когда речь идет о переходном отверстии, это действительно так: любое утонение или трещина в металлизации (рис. 1) на порядок увеличивают его сопротивление, что легко обнаруживается резистивным методом. Но что делать, если трещина образовалась в глухом отверстии (нет доступа для пробников тестера в схеме измерения по методу Кельвина) или где-то в цепи на поверхности (или внутренних слоях) платы? Сопротивление цепи с трещиной (рис. 2) действительно будет выше, но на

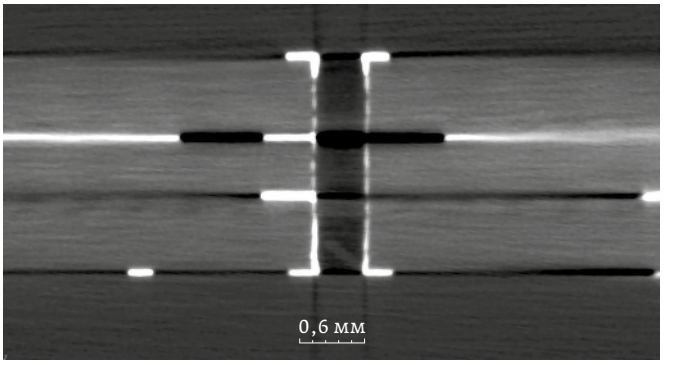


Рис. 1. Нарушение металлизации переходного отверстия

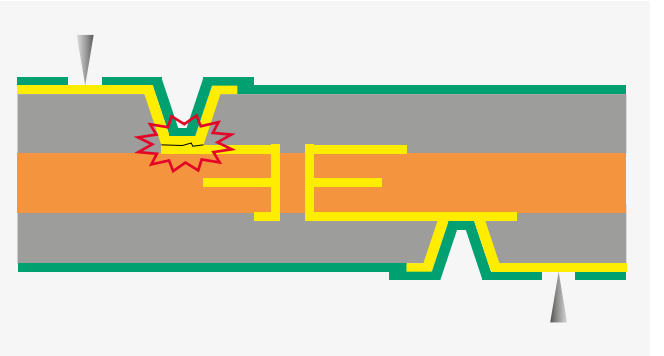


Рис. 2. Пример трещины в глухом отверстии

[1] plata@npoa.ru.
[2] plata@npoa.ru.
[3] info@sovtest-ate.com.
[4] info@sovtest-ate.com.

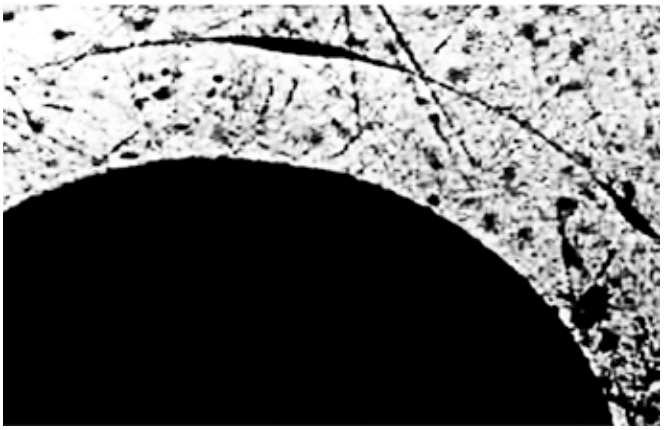


Рис. 3. Частичное отделение внутренних слоев от металлизации отверстия

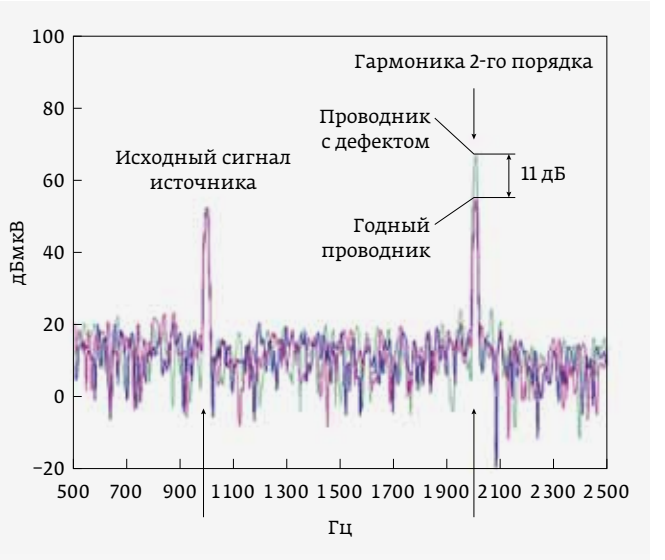


Рис. 5. Пример 2-й гармоники латентного дефекта

фоне общего сопротивления проводника (200 мОм и более) отклонение от заданного значения будет незначительным (меньше 1%) и при 4-проводных измерениях не выйдет за пределы допуска (погрешности измерения).

Другими словами, резистивный метод не позволит обнаружить цепи с латентными дефектами, то есть скрытыми (будущими). Пример такого дефекта описан в п. п. 6.3.18, 6.3.19 ГОСТ Р 56251-2014 (рис. 3). Последствия пропуска подобного рода дефектов могут быть разными, в том числе крайне негативными: в ходе эксплуатации готового изделия трещина может увеличиться, электрическая связь – прерваться и, как следствие, изделие может отказать раньше истечения гарантийного срока. Поиск причин отказа и анализ таких дефектов в готовых изделиях крайне затруднены.

В 1989 году специалисты корпорации IBM в поисках путей повышения качества своей продукции задумались о способах своевременного выявления скрытых изъянов проводящей структуры печатной платы. В результате исследования была запатентована технология обнаружения латентных дефектов – Latent Test.

Latent Test позволяет обнаружить скрытые дефекты, которые проявятся в будущем, в процессе эксплуатации изделия – в отличие от классического метода поиска обрывов цепей, основанного на измерении сопротивления, который может обнаружить только явные дефекты.

Суть технологии латентного тестирования – добиться нелинейности вольт-амперных характеристик (ВАХ) исследуемых проводников за счет пропускания через них комбинированного тока (постоянного и переменного) (рис. 4). Этот процесс сопровождается появлением различных гармоник; диагностика цепи основана на том, что при наличии в ней латентного дефекта 2-я гармоника сигнала в месте дефекта будет отличаться от сигнала годной части цепи (рис. 5).

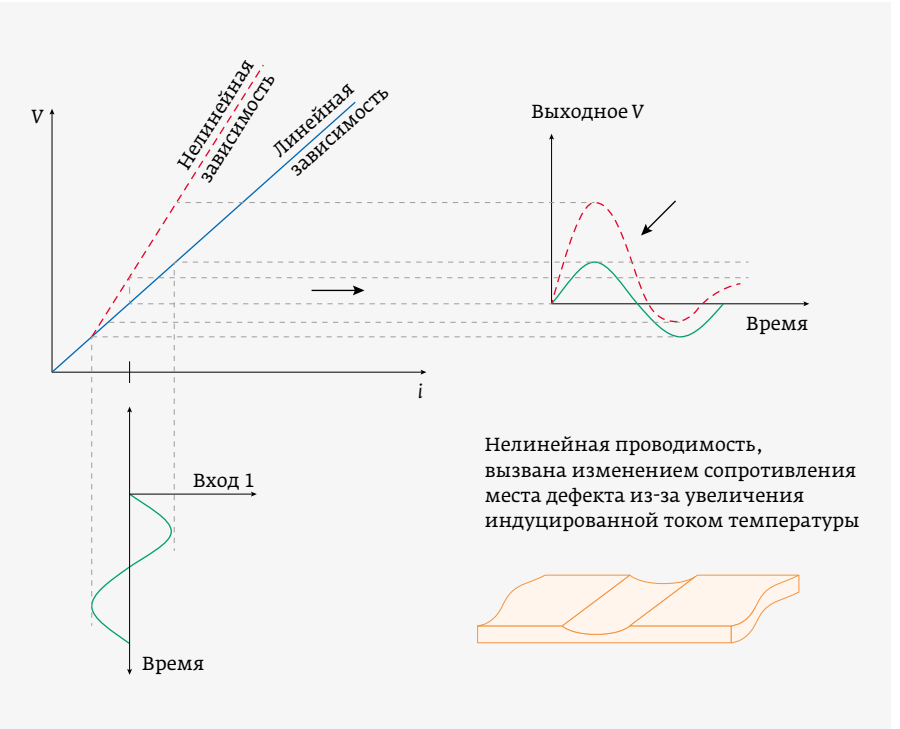


Рис. 4. ВАХ проводника с нелинейной проводимостью

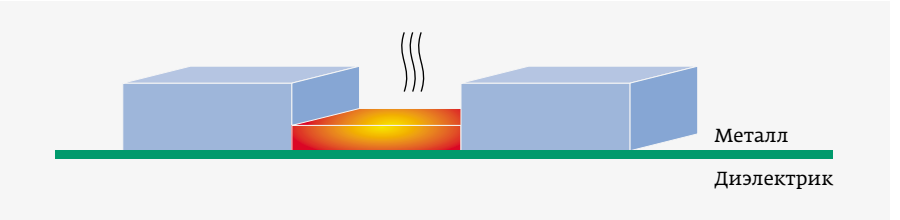


Рис. 6. Проводник с дефектом

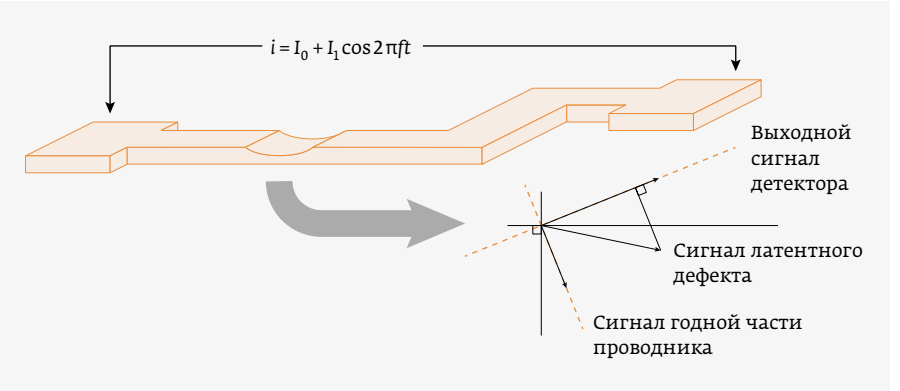


Рис. 7. Применение фазового детектора для фильтрации

Для пояснения физической сути явления рассмотрим проводник на диэлектрической подложке (рис. 6). На некотором его отрезке есть сужение (скрытый дефект), остальные части проводника в нормальном состоянии, без каких-либо утонений. Когда составной положительно направленный синусоидальный ток течет по проводнику, происходит омический нагрев по всей его длине. При этом нагрев и охлаждение в месте дефекта происходит настолько быстро, что его тепловой цикл (нагрев / охлаждение) находится в одной фазе с измерительным переменным током. Охлаждение же годных частей проводника происходит медленнее из-за низкой теплопроводности диэлектрической подложки, неспособной играть роль радиатора, отводящего тепло. Тепловой цикл отстает по времени от измерительного переменного тока и смещен по фазе примерно на 90°.

При анализе реального проводника на печатной плате можно наблюдать картину, когда амплитуда 2-й гармоники годной части проводника (в силу большой его длины либо других особенностей) будет больше амплитуды 2-й гармоники места дефекта. В этом случае прямое измерение сигнала не позволит найти проводник с дефектом. Но, пропустив сигнал через фильтр (фазовый детектор, фаза которого сдвинута на 90°), можно выделить требуемую гармонику (рис. 7).

Величина, характеризующая латентный дефект при данном способе детектирования, называется нелинейной проводимостью и измеряется в мкВ / $А^3$.

Применяя принципы технологии латентного тестирования, компания Microcraft – производитель тестового оборудования для контроля несмонтированных печатных плат – разработала и внедрила модуль латентного тестирования в свои тестеры с летающими пробниками серии EMMA (рис. 8).

В качестве примера практического использования таких установок можно привести опыт одного из ведущих предприятий аэрокосмической отрасли – Научно-производственного объединения автоматики имени академика Н. А. Семихатова. Здесь на участке автоматического электрического контроля печатных плат используются четыре тестовые системы EMMA. Такое количество тестеров обусловлено поставленной задачей – выполнять 100%-ный электроконтроль печатных плат. Одна система выполняет контроль

Рис. 8. Тестер ПП EMMA модель E4M6151

SOVTEST
ВАШ ПАРТНЕР ПО КАЧЕСТВУ

Замечать незримое, делать невозможное

высокое разрешение камеры/сенсора
3.3 мкм на пиксель

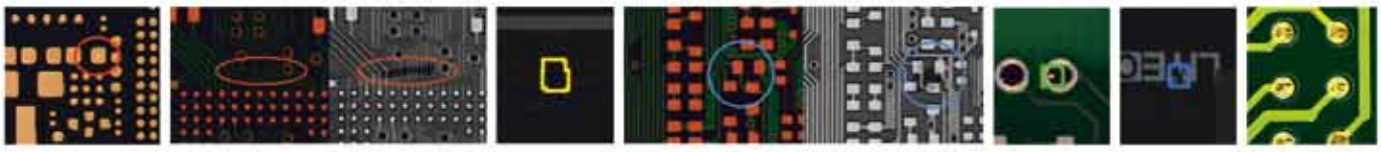
Системы автоматической визуальной инспекции печатных плат BBMaster 1100 (Kurabo, Япония)

Модельный ряд систем АВИ Kurabo:
BBMaster 1100 - ручная загрузка
BBMaster 7000 - автоматическая загрузка/разгрузка

Технические характеристики

Идеально подходит для финальной визуальной инспекции	ПП/МПП, FCB (гибко-жестких ПП), модульных, керамических и печатных плат на металлическом основании, а также подложек, таких как CSP (флип-чип) и др.
Производительность инспекции	20 сек/шт
Камера	гибридный CCD сенсор, 16 000 pixel
Обнаруживаемые дефекты согласно ГОСТ Р 56251-2014	дефекты поверхности; дефекты под поверхностью; дефекты в проводящем рисунке; дефекты отверстия; дефекты маркировки; дефекты паяльной маски.

*Характеристики и внешний вид могут быть изменены с целью усовершенствования без уведомления



A Россия, 305000, г. Курск, ул. Володарского, 49-А T +7 (4712) 54-54-17
W sovtest-ate.com E info@sovtest-ate.com

сообщения / разобщения цепей и прочности изоляции (включая межслойные и микро-КЗ). Две другие заняты 100%-ным контролем металлизации переходных отверстий. Четвертая система производит латентное тестирование.

Такая специализация тестовых систем по трем типовым задачам оптимальна – это сокращает время на переналадку оборудования, так как для каждой задачи необходимы специализированные пробники.

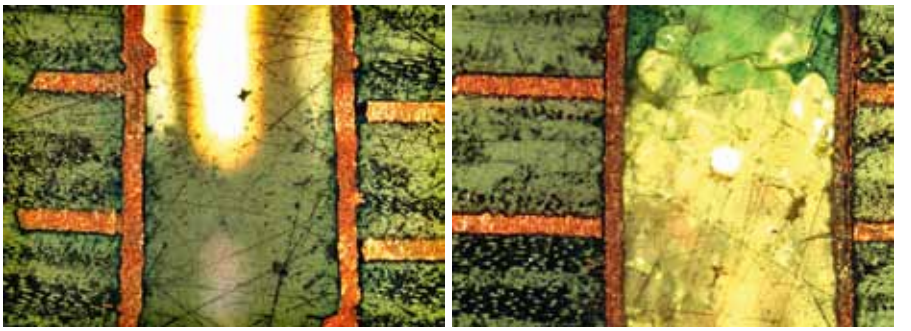


Рис. 9. Частичное отслоение контактной площадки от столба металлизации

На участке были своевременно обнаружены латентные дефекты на нескольких изделиях ответственного назначения, несмотря на то, что все стандартные проверки были проведены и не выявляли каких-то аномалий. Только при латентном тестировании были обнаружены такие сложные для локализации дефекты, как частичное отслоение внутреннего слоя от столба металлизации (рис. 9).

Выводы:

1. Замеры на установке EMMA с латент-тестом позволяют выявлять цепи, имеющие скрытые дефекты во внутренних слоях (такие как отслоение внутреннего слоя от столбца металлизации, микротрещины в проводниках и переходных отверстиях), которые не обнаруживаются ни при стандартных режимах проведения электроконтроля, ни средствами АОИ, ни рентгеном. Такие цепи не имеют явного разрыва проводника, а имеют утонение или частичное отслоение.
2. Технологии латентного тестирования необходимо применять для выпуска качественной продукции ответственного назначения. При этом оптимальной стратегией электрического тестирования несмонтированных плат является решение как минимум из трех систем с летающими пробниками для реализации многостадийного контроля изделий с последовательным выполнением следующих операций:
   - контроль сообщения-разобщения и прочности изоляции;
   - контроль металлизации переходных отверстий;
   - поиск латентных дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56251-2014. Платы печатные. Классификация дефектов.
2. Печатные платы: Справочник (под ред. К. Ф. Кумбза в 2-х кн.). Кн. 2. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2011. 1016 с.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»

Цена 840 руб.

ЭТАЛОНЫ И СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ. ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

Лукашкин В. Г., Булатов М. Ф.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 402 с., ISBN 978-5-94836-512-1

Издание осуществлено при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)»

В книге рассмотрены общие вопросы метрологического обеспечения и единицы физических величин. Изложены основные задачи технических средств метрологического обеспечения в области электрорадиоизмерений. Даны методы воспроизведения единиц физических величин на основе современных научно-технических достижений с использованием квантовых эффектов и фундаментальных физических констант.

Книга может быть полезна студентам и аспирантам при выборе и обосновании эталонной базы в области электрорадиоизмерений, а также специалистам, занимающимся вопросами разработки, производства и оценки качества средств измерений, контроля и испытаний.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 🖷 +7 495 956-3346; **knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru**